

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-188224

(43)公開日 平成6年(1994)7月8日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 21/302

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F 9277-4M

審査請求 未請求 請求項の数3(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-353844

(22)出願日 平成4年(1992)12月16日

(71)出願人 000230308

日本モトローラ株式会社

東京都港区南麻布3丁目20番1号

(72)発明者 中島 慎一

東京都港区南麻布3丁目20番1号 日本モ  
トローラ株式会社内

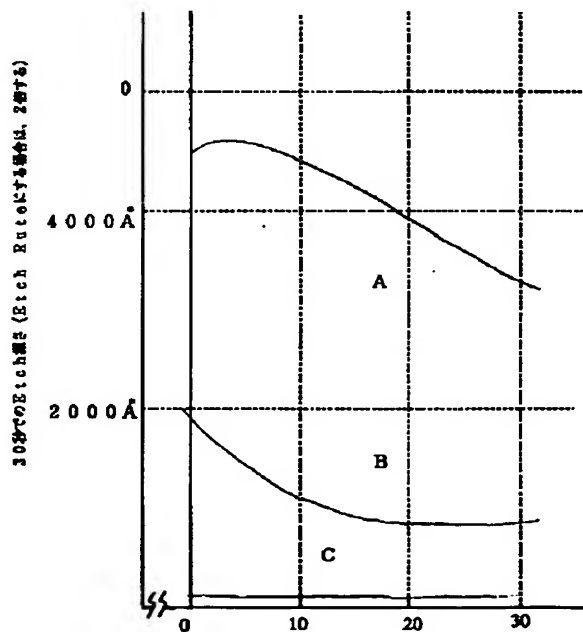
(74)代理人 弁理士 本城 雅則 (外1名)

(54)【発明の名称】 エッチングガス

(57)【要約】

【目的】 半導体基板上のゲートをエッチングするエッチングガスであって、成層膜のオゾン層を破壊しないガスの提供を目的とする。

【構成】 六フッ化硫黄 ( $\text{SF}_6$ )、酸素 ( $\text{O}_2$ )、および、三フッ化メタン ( $\text{CHF}_3$ ) の混合気体により構成される。エッチングガスの合比は  $\text{SF}_6 > \text{O}_2 > \text{CHF}_3$  である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 六フッ化硫黄 ( $\text{SF}_6$ )、酸素 ( $\text{O}_2$ )、および、3フッ化メタン ( $\text{CHF}_3$ ) の混合気体により構成され、半導体基板上のゲートをエッチングするエッチングガスであって、前記混合気体の混合比が  $\text{SF}_6 > \text{O}_2 > \text{CHF}_3$  であることを特徴とするエッチングガス。

【請求項2】 前記混合比は、ほぼ  $\text{SF}_6 : \text{O}_2 : \text{CHF}_3 = 6 : 2 : 1$  であることを特徴とする請求項1記載のエッチングガス。

【請求項3】 前記ゲートは、ポリシリコンからなることを特徴とする請求項1記載のエッチングガス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体基板上のゲートをエッチングするエッチングガスに関し、さらに詳しくは六フッ化硫黄 ( $\text{SF}_6$ )、酸素 ( $\text{O}_2$ ) および3フッ化メタン ( $\text{CHF}_3$ ) より構成されるエッチングガスに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体のレイアウトルールがより小さくなるにつれて、集積化がますます高まってきている。現在、その高集積化に伴い、微細加工に関する製造技術の開発が広く行われている。微細加工に関する製造技術は、大別するとフォトリソグラフィ技術とエッチング技術とからなる。本発明は、後者のエッチング加工技術に関するものである。

【0003】 現在、超LSIの微細加工装置としては、RIE (REACTIVE ION ETCHING) とPPE (PARALLEL PLATE REACTIVE ETCHING) が広く用いられている。この両者は、プロセス条件、電極構造、給電方式により、RIEと呼ばれたり、PPEと呼ばれたりする。あまり的確な区別がなされていないのが現状である。

【0004】 次に異方性について述べる。異方性を得る為のメカニズムは、大きくわけて次の2つが考えられる。1つは、低圧でプロセスを行い、イオンの平均自由行程を大きくすることによりイオンの作用を異方性に寄与させるものであり、他の1つは、側壁保護効果を利用するものである。本発明は、後者の側壁保護効果を利用するものに属している。

【0005】 次に、側壁保護効果を利用するプロセスについて説明する。一般的に、側壁保護効果を利用するプロセスは、大きくわけて、塩素系、非フロンフッ素化合物系、フロン系、および臭素系の4つに分けられる。以下、それぞれのプロセスについて、簡単に説明する。

## 【0006】 (1) 塩素系

最も広く用いられているプロセスは四塩化炭素を主にしたプロセスである。このプロセスは、四塩化炭素の側壁保護効果を利用し、高い異方性を得ている。しかしこのプロセスは、ポリシリコンの下地である酸化膜との選択

性が低く、酸化膜が非常に薄いプロセスには、適用が困難である。また、この四塩化炭素は、発癌性があるなど、毒性が指摘され、使用が規制される。このため、四塩化炭素を使用するためには、必ずガスを吸着するなど、ガスを除去する手段が必要である。このガスは、特定フロンと同様近い将来使用ができなくなる可能性が高い。

【0007】 次にフロン系異方性について説明する。この系は、大きく分けて2つに分けられる。

## 【0008】 (2) 非フロンフッ素化合物系

$\text{SF}_6/\text{O}_2$  系に代表されるこの系は、 $\text{SF}_6$ に多量の酸素を混入させることにより被エッチング膜のマスクであるレジストをエッチングし、この分解生成物と導入ガスによりポリシリコンの側壁を保護することにより異方性を達成する。このため見掛け上、異方性をもたせることができるが、レジストがエッチングされているため、ポリシリコンの綿巾が変化する。またこのガス系においては、エッチングがレジストの分解生成物を利用して行なわれるため、エッチングが配線パターンに依存する特性を持ってしまう。つまり配線密度により異方性の程度が異なる。

【0009】 この非フロンフッ素化合物系の利点として、エッチングガスの毒性が低く、取り扱いが非常に簡単であることである。またフロンガスを使用していないので、特定フロンの法規制の対象にならないことも利点である。

## 【0010】 (3) フロン系

フロン12, フロン13, フロン115等分子中に塩素原子を含むフロンガスを使用して異方性を達成するプロセスである。この系においては、完全な異方性を得ることが困難であり、若干のサイドエッチが入ることが多い。またこの系は、分子中に炭素、フッ素、塩素のみで構成されており、非常に安定であるので、大気中では成層圏まで達しないと分解されない、またここで分解された塩素が、オゾン層を破壊するため、特定フロンの法規制により使用ができなくなる。

## 【0011】 (4) 臭素系

臭素系は、 $\text{Br}_2$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{BBR}_3$ 等の臭素単体および、この化合物とその他のガスと混合してポリシリコンをエッチングするプロセスである。この系の特徴は、異方性が高く選択性も高い。この為特定フロン規制に伴いフロン系よりこの系に切り換える傾向がある。しかしこのガスは、毒性が強く、また反応性、腐食性が非常に高く、取扱いに留意しなければならない。また、既存の装置に使用することを考えた場合、配管等に留意しなければならない、多くの費用が必要となる。表1に、ポリシリコンに対する各エッチングガスの特性について整理する。

## 【0012】

## 【表1】

エッチング ガス	エッチング レート	選択性 対レジスト	選択性 対酸化膜	形状	その他
四塩化炭素	3000- 3500Å	2.5-3.5	10	異方性 強い	使用規制 発ガン性
SF <sub>6</sub> +酸素	3000- 4000Å	1.5-2.5	25-35	異方性 中間	レジスト選択性が悪い ので寸法変化あり
フロン系 F115	3000- 4000Å	2-3	20-35	異方性 弱い	使用規制 (特定フロン規制)
SF <sub>6</sub> +酸素 +CHF <sub>3</sub>	3500- 4200Å	4-5	30-45	異方性 強い	規制外のガスで 毒性がない
塩素系 臭素系	3000Å	4-5	40	異方性 強い	特殊材料ガス 取り扱い注意

## 【0013】

【発明が解決しようとする課題】MOS半導体工程において、ポリシリコンはゲート材料として広く使用されており、256K-DRAMや1M-DRAMにおいては、ゲート加工に際して異方性エッチングが必須の技術となっている。

【0014】この異方性を達成するために多くの半導体メーカー、装置メーカーは、装置の改造およびガスの混合等の条件の設定に工夫を凝らしてきた。しかしながら、ここにきて大きな問題が発生した。この異方性を達成するため、これらのメーカーは、四塩化炭素、フロン115、12、13等のガスを使用している。これらガスが成層圏のオゾン層を破壊することが判明し、これらのガスの使用を規制する必要性が生じた。このため、この規制対象外のフロンガス、塩素、臭素、これらの化合物に切り替えるようとしているが、エッチング特性、改造費用等の問題があり、少ないリスクで切り替えることが困難な状態である。

## 【0015】

【課題を解決するための手段および作用】本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、半導体基盤上に堆積したゲート材料をドライ加工する行程において、SF<sub>6</sub>とO<sub>2</sub>とCHF<sub>3</sub>の三種類の混合ガスを主成分とし、異方性と高い選択性（対酸化膜）を合わせ持つエッチングを提供するものである。

【0016】上記エッチングガスは、その混合比がSF<sub>6</sub>:O<sub>2</sub>:CHF<sub>3</sub>=6:2:1のときが好適であり、そのエッチングガスは特にポリシリコンよりなるゲートに対してエッチングを行なう。

【0017】ここで、このガス系を、使用することによる利点を簡単にまとめると四塩化炭素は、特定フロンと同様規制の対象となっており将来的には、使用ができなくなる、このためこの代替の材料として、

①塩素及びこれらの化合物

②臭素及びこれらの化合物

③規制対象外のフロンガス

がある。この中で塩素および臭素は、前述したように特

殊材料ガスに指定されており、ガスの供給、制御系を特別の処理を行う必要性がありガス漏れ探知等にも、配慮する必要があるため、既存の装置においてこれらのガスを使用するために多くの費用が必要である。

【0018】次に規制対象外のフロンガスは、このガス自体は安定なガスであるために前述の配慮が、ほとんどの場合必要がない。しかしこれらガスでは、塩素、臭素のような高い選択性と異方性を兼ね備えたプロセスの開発には、非常に困難であった。

【0019】これに対して本発明は、上記特殊材料ガス等は、使用していない為装置の改造はほとんど必要でなく、既存の装置に若干手を入れるだけでよい。それに加え非フロンガスと規制対象外フロンガスの混合でありながら高い選択性と異方性を兼ね備えている。つまり上記のガス系での問題が全て解決される。

## 【0020】

【実施例】次に本発明の実施例について詳細に説明する。本発明は、ガスの混合から分類すると、SF<sub>6</sub>+酸素系に類似している。つまりこの系にCHF<sub>3</sub>を混合させた系である。この混合が本発明での最も重要である点である。このガスの混合によりSF<sub>6</sub>+酸素系で問題であった、ポリシリコンとレジストとの選択性が、飛躍的に向上し、さらに酸化膜との選択性も向上させることができる。ここでポリシリコンエッチングにおいて酸化膜との選択性を向上させるには、プラズマ中の炭素成分を除くことが必要とされている。図1のグラフはこのことと全く逆の結果を本発明がもたらしていることを示す。図1は、毎分100mlのSF<sub>6</sub>ガスを流しながら、CHF<sub>3</sub>ガスの流量を変化させた場合のエッチングレートの変化を示すグラフである。このグラフの縦軸はエッチングレートを示し、単位はオングストローム/分、横軸はCHF<sub>3</sub>混合量を示し、単位は、sccm(=ml/min)である。ここで、曲線Aはリンドーブポリシリコンのエッチングレートの変化を、曲線Bはレジストのエッチングレートの変化を、曲線Cは酸化膜のエッチングレートの変化をそれぞれ示す。

【0021】図1より、基本のSF<sub>6</sub>ガスに対してCH

$\text{F}_3$ の混合量を増やすとポリシリコンのエッチングレートが少し大きくなり、レジストのエッチングレートは小さくなる。この特性により選択性が向上する。また $\text{CHF}_3$ の添加は、ポリシリコンの側壁保護効果の役目も果たすので、ポリシリコンのサイドエッチは発生しない。図1の曲線Aから $\text{CHF}_3$ ガスの流量を毎分約16mlに設定すると、ポリシリコンに対するエッチングレートが最も大きくなることがわかる。

【0022】図2は $\text{SF}_6$ ガスを毎分100ml流しながら、酸素の流量を変化させた場合のエッチングレートの変化を示すグラフである。このグラフの縦軸は、図1と同じである。横軸は酸素の流量を示す。図2のグラフによると酸素の流量に対しポリシリコン酸化膜のエッチングレートは、単調に低下する。これに対してレジストのエッチングレートは極小点を持つ。この点で選択性が最大となる。すなわち、酸素の流量を毎分約34mlに設定すると、レジストに対するエッチングレートが最小になる。この傾向は、圧力に対しても同様に観察される。

【0023】図3は、 $\text{SF}_6$ ガスを毎分100ml、酸素を毎分34ml流し、圧力を変化させた場合のエッチングレートの変化を示すグラフである。図3によると、圧力を増加させるとポリシリコン酸化膜のエッチングレートは単調に低下する。これに対しレジストのエッチングレートは極小点を持つ。圧力を増加させることよって得られる極小点の条件が最良の条件といえる。

【0024】図1ないし図3の実験結果を示すグラフから、毎分100mlの $\text{SF}_6$ ガスを流した場合、 $\text{CHF}_3$ ガスの流量を毎分約16mlに設定し、かつ、酸素ガスの流量を毎分34mlに設定すると、ポリシリコンに対するエッチングレートを最も高く、かつ、レジストに対するエッチングレートを最も小さくすることができる。すなわち、 $\text{SF}_6:\text{O}_2:\text{CHF}_3=100:34:16$  (ほぼ6:2:1)の混合比が最適となることが理解される。

【0025】次に、従来から用いられているエッチングガス及び本発明に係るガスを用いてゲート電極を形成するために行なったエッチングの実験結果を図示する。図4は、エッチング前の状態を示し、半導体基板上の酸化膜11上にゲート電極を構成するためにリンで拡散されたポリシリコン層12が形成され、ゲート電極を構成する領域にレジスト膜13が付着される。

【0026】図5は、四塩化炭素ガスを使用した場合のエッチングの結果を示す。図5から分かるように、1500オングストロームの線幅減少量 $\Delta W_5$ がみられるとともに104オングストロームだけ酸化膜が減少する( $\Delta D_5$ )。

【0027】図6は、フロン系のF115ガスを使用した場合であり、ポリシリコン層12に対するエッチング速度の方がゲート酸化膜13より速いため、ポリシリコ

ン層12が挟まれた状態になる。すなわち、1820オングストロームの線幅減少量 $\Delta W_6$ がみられるとともにサイドエッチS6が発生する。

【0028】図7は、塩素系臭素ガスを用いた場合のエッチング結果を示す。1010オングストロームの線幅減少量 $\Delta W_7$ があり、約26オングストロームの酸化膜が減少する( $\Delta D_7$ )。

【0029】図8は、 $\text{SF}_6$ +酸素ガスを使用した場合のエッチング結果を示す。線幅減少量 $\Delta W_8$ は2275オングストロームで大きく、酸化膜11に対する侵食幅 $\Delta D_8$ も35オングストロームとやや大きい。

【0030】図9は、本願発明である $\text{SF}_6$ +酸素+ $\text{CHF}_3$ ガスを使用した場合のエッチング結果を示す。図から分かるように線幅減少量 $\Delta W_9$ は1038オングストロームであり、また酸化膜11に対する侵食幅 $\Delta D_9$ も29オングストロームで少ない。

【0031】図5ないし図9から理解できるように、 $\text{SF}_6$ +酸素+ $\text{CHF}_3$ ガスは塩素系臭素ガスを使用した場合とほぼ同じ結果が得られ、四塩化炭素ガス、 $\text{SF}_6$ +酸素ガス、フロン系のF115ガスの順でエッチングの結果が悪くなる。このように $\text{SF}_6$ +酸素+ $\text{CHF}_3$ ガスは、レジスト膜に対する選択性がよく、また高い寸法精度が得られることがわかる。

【0032】以上で、ポリシリコンに対するエッチングについて説明したが、以下に示す他のゲート材料を用いてもエッチングが可能である。

#### 1. 他のゲート材料

シリサイド、ポリサイド、タングステン、これら複合膜などのゲート材料を用いても同様の効果が得られる。

#### 2. シリコンナイトライド異方性エッチング

ナイトライドエッチングガス、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{SF}_6$ その他混合ガス系に対しても、 $\text{CHF}_3$ を添加することにより、選択性のより高いエッチングが可能となる。この場合の箔膜構造は、シリコンナイトライド・酸化膜・シリコン基盤とする。シリコンナイトライドの下にポリシリコンをもつ構造の場合は、 $\text{CHF}_3$ の流量を代えることにより異方性エッチングが可能となる。

#### 3. シングルシリコン

これは、低圧のRIEにおいて本発明に係る混合ガスを用いることにより異方性エッチングが可能である。

4. ポリシリコンのエッチングに対して、 $\text{CHF}_3$ に代わり他の酸化膜エッチング用に使用されるガス( $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 等)を混合することにより $\text{CHF}_3$ を混合した場合とほぼ同様のエッチングが可能であり、 $\text{CHF}_3$ に対して第4のガスとしてこれらを混合することもできる。

#### 【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に従えば、異方性と高い選択性を合わせ持つエッチングガスが提供される。また、特定フロンガスを使用しないのでフロン

ガスによるオゾン層の破壊を軽減することのできる異方性のエッチングガスを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】100ml/minの六フッ化硫黄ガスを流しながら、3フッ化メタン ( $\text{CHF}_3$ ) の流量を変化させた場合のエッチングレートの変化を示すグラフである。

【図2】100ml/minの六フッ化硫黄ガスを流しながら、酸素の流量を変化させた場合のエッチングレートの変化を示すグラフである。

【図3】100ml/minの六フッ化硫黄ガスおよび 10 34mlの酸素を流しながら、圧力を変化させた場合のエッチングレートの変化を示すグラフである。

【図4】エッチング前の状態を示す断面図である。

【図5】四塩化炭素ガスを使用した場合のエッチングの

結果を示す断面図である。

【図6】フロン系のF115ガスを使用した場合のエッチングの結果を示す断面図である。

【図7】塩素系臭素ガスを用いた場合のエッチング結果を示す断面図である。

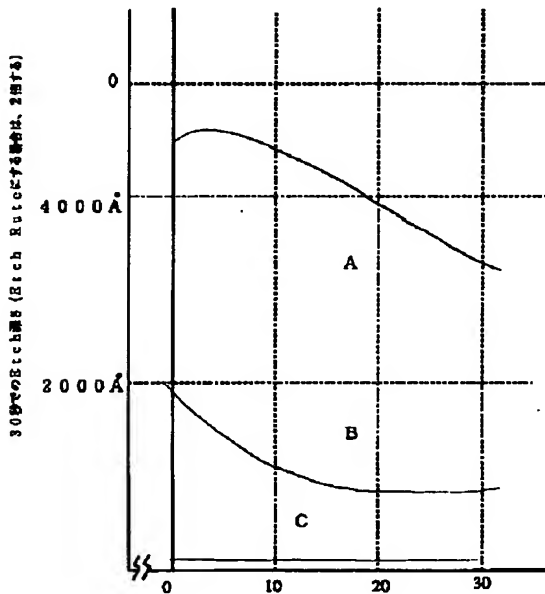
【図8】 $\text{SF}_6$ +酸素ガスを使用した場合のエッチング結果を示す断面図である。

【図9】本願発明である $\text{SF}_6$ +酸素+ $\text{CHF}_3$ ガスを使用した場合のエッチング結果を示す断面図である。

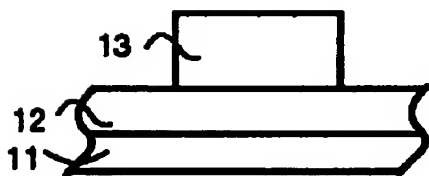
【符号の説明】

- 11 半導体基板
- 12 拡散層
- 13 レジスト層

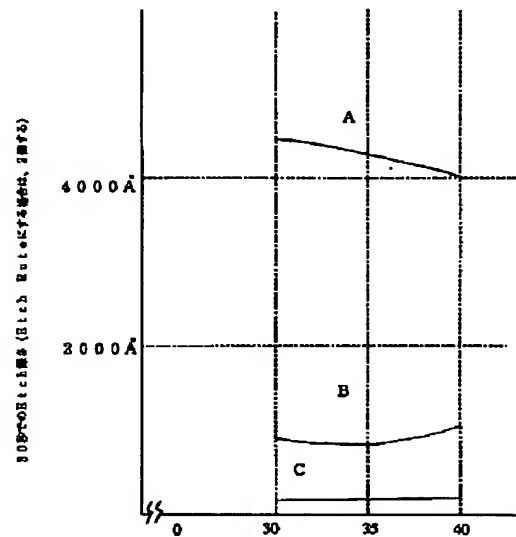
【図1】



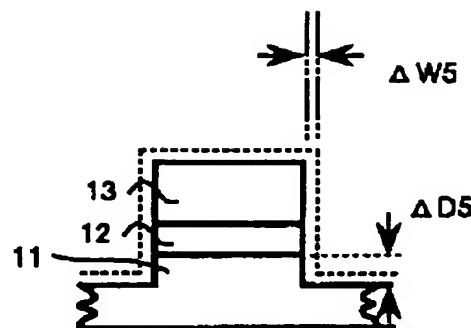
【図4】



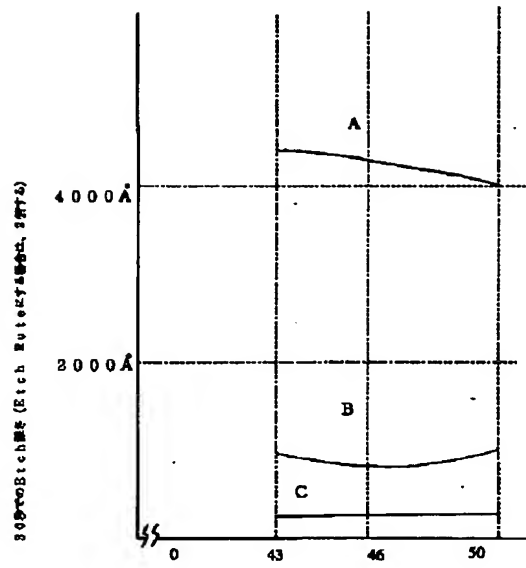
【図2】



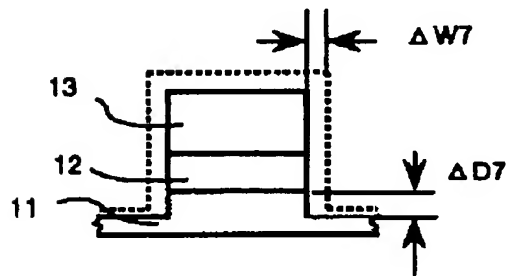
【図5】



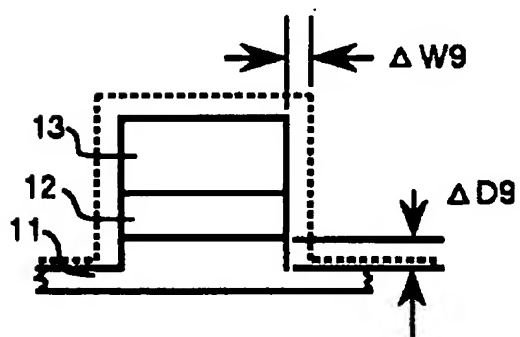
【図3】



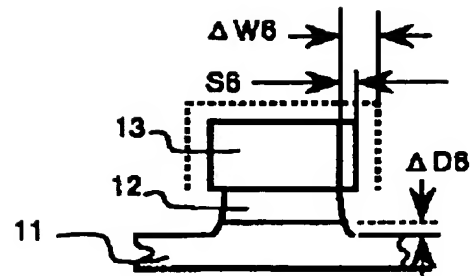
【図7】



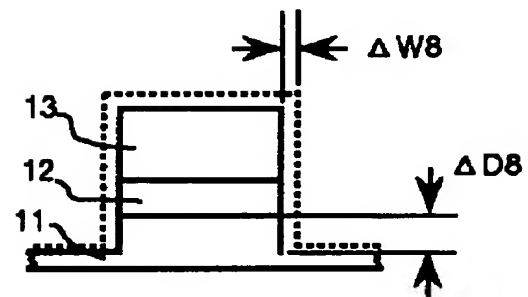
【図9】



【図6】



【図8】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-188224

(43)Date of publication of application : 08.07.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/302

(21)Application number : 04-353844

(71)Applicant : NIPPON MOTOROLA LTD

(22)Date of filing : 16.12.1992

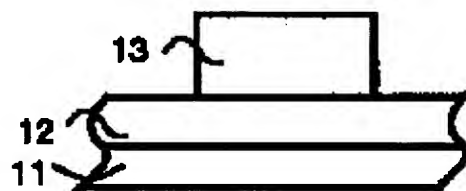
(72)Inventor : NAKAJIMA SHINICHI

## (54) ETCHING GAS

## (57)Abstract:

PURPOSE: To prevent an ozone layer in the stratosphere from being destroyed by a method wherein an etching is performed on a gate on a semiconductor substrate with the mixed gas produced in the specified ratio of SF<sub>6</sub>:O<sub>2</sub>:CHF<sub>3</sub>.

CONSTITUTION: A polysilicon layer 12 diffused with phosphorus is formed for constituting a gate electrode on an oxide film 11 on a semiconductor substrate and a resist film 13 is adhered on a region, where the gate electrode is constituted, of the layer 12. Here in a process for performing a dry processing on a gate material deposited on the substrate, mixed gas containing the mixed gas of SF<sub>6</sub>O<sub>2</sub>, and CHF<sub>3</sub>, as its component is used, the mixed gas is produced on the condition of SF<sub>6</sub>>O<sub>2</sub>>CHF<sub>3</sub> and the mixing ratio of the mixed gas is desirably set in the ratio of SF<sub>6</sub>:O<sub>2</sub>:CHF<sub>3</sub>:6:2:1. Thereby, an etching having an anisotropy and a high selectivity (arc oxidation-resisting film) in combination can be performed on a gate consisting of a polysilicon film on the substrate without destroying an ozone layer in the stratosphere.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2993303

[Date of registration] 22.10.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**Partial English Translation of**  
**LAID OPEN unexamined**  
**JAPANESE PATENT APPLICATION**  
**Publication No. 06-188224**

[0012] to [0032]

[0012]

[Table 1]

Etching Gas	Etching Rate	Selectivity With Regard To Resist	Selectivity With Regard To Oxide Film	Shape	Others
Carbon Tetrachloride	3000-3500A	2.5-3.5	10	Anisotropy: Intensive	Regulated, Cancer-Causing
SF <sub>6</sub> + Oxygen	3000-4000A	1.5-2.5	25-35	Anisotropy: Intermediate	Poor Selectivity With Regard To Resist, Resulting In Change in Size
Freon-115	3000-4000A	2-3	20-35	Anisotropy: Weak	Regulated, (Specified Chlorofluorocarbons)
SF <sub>6</sub> + Oxygen + CHF <sub>3</sub>	3500-4200A	4-5	30-45	Anisotropy: Intensive	Non-Regulated, No Toxic
Chlorine + Bromine	3000A	4-5	40	Anisotropy: Intensive	Special Material Gas, Caution For Treatment

[0013]

[The Problems that the Invention is to Solve] Polysilicon has been widely used as a material of a gate in a MOS semiconductor process, and anisotropic etching has been an essential technique for gate processing in 256K-DRAMs and 1M-DRAMs.

[0014] Not a few of semiconductor manufactures and device manufactures had been trying various measures for modifying a device and setting conditions of, for example, gaseous mixture for the purpose of attaining the anisotropy, until a serious problem occurred. The manufactures use a



gas of carbon tetrachloride, Freon-115, Freon-12, Freon-13, and the like for attaining the anisotropy, however, it has been found out that these gases destroy the ozone layer in the stratosphere, which necessitates to regulate the use of these gases. Under such circumstances, the aforementioned gases are being switched over to chlorofluorocarbons, chlorine, bromine, and compounds thereof, which are not subjected to the regulation. However, problems of etching characteristics, cost of modification, and the like make it considerably difficult to promote this switching at a low risk.

[0015]

[Means for Solving the Problems and Operations] The object of the present invention is to solve the aforementioned problems. Herein, etching with anisotropy and high selectivity (to an oxide film) is enabled by using a gaseous mixture of  $\text{SF}_6$ ,  $\text{O}_2$ , and  $\text{CHF}_3$  as a main component in a step of dry-processing a material of a gate deposited on a semiconductor substrate.

[0016] The aforementioned etching gas is preferably used when the mixing ratio of  $\text{SF}_6$  :  $\text{O}_2$  :  $\text{CHF}_3$  is 6 : 2 : 1, and is effective particularly for etching a gate of polysilicon.

[0017] Hereinafter, advantages of using the aforementioned gaseous mixture will be briefly summarized. Carbon tetrachloride, as well as the specified chlorofluorocarbons, is an object of the regulation, and will become unusable in the future. Hence, as alternative materials thereto, there are ① chlorine and compounds thereof, ② bromine and compounds thereof, and ③ non-regulated chlorofluorocarbons. Chlorine and bromine thereamong are designated as special material gases, as described above. Since special processing has to be done to supply and control of such gases, and consideration has to be given to gas leakage detection, using the aforementioned gases in existing devices necessitates considerable costs.

[0018] In the meanwhile, such considerations are, in most cases, unnecessary to non-regulated chlorofluorocarbons which are safe by themselves. However, unlike with chlorine or bromine, it is extremely difficult to develop, with non-regulated chlorofluorocarbons, the process having high selectivity and anisotropy.

[0019] On the contrary, in the present invention, since the special material gases and the like are not used, alteration is barely necessary to a device and all that is required is slight modification to an existing device. In addition, high selectivity and anisotropy can be both attained with a gaseous mixture of a non-chlorofluorocarbon and a non-regulated chlorofluorocarbon. Hence, all of the problems involved with the gases can be solved.

[0020]

[Embodiment] Next, an embodiment of the present invention will be described in detail. In a viewpoint of classification by gas mixing, the present invention is similar to a gaseous mixture of  $\text{SF}_6$  and oxygen. More specifically, the gas according to present invention is a gaseous mixture obtained by mixing  $\text{SF}_6$ , oxygen, and  $\text{CHF}_3$ . This mixing is the most essential point in the present invention. The mixed  $\text{CHF}_3$  serves to remarkably improve the selectivity with regard to polysilicon and a resist, which is the problem in a case of using the gaseous mixture of  $\text{SF}_6$  and oxygen, and also to improve the selectivity with regard to the oxide film. Removing a carbon component in plasma is required for improving the selectivity with regard to the oxide film in polysilicon etching. Figure 1 shows that the present invention brings totally the reverse results of the above. The graph in Figure 1 shows change in the etching rate when the flow rate of the  $\text{CHF}_3$  gas is changed while the  $\text{SF}_6$  gas is flown at a rate of 100 ml per minute. In the graph, the axis of ordinate indicates the etching rate ((unit:) angstrom per minute) and the axis of abscissas indicates the  $\text{CHF}_3$  mixing amount [(unit:) sccm (=ml/min)]. Curves A,

B, and C indicate changes in the etching rates with regard to phosphorus-doped polysilicon, the resist, and the oxide film, respectively.

[0021] According to Figure 1, when the amount of the mixed  $\text{CHF}_3$  is increased with regard to the  $\text{SF}_6$  base gas, the etching rate to the polysilicon is increased and the etching rate to the resist is decreased, whereby the selectivity is increased. Further, since addition of the  $\text{CHF}_3$  also serves to protect the side walls of the polysilicon, the polysilicon is not side-etched. It is understood from the curve A in Figure 1 that when the flow rate of the  $\text{CHF}_3$  gas is set at approximately 16 ml per minute, the etching rate to the polysilicon is at its maximum.

[0022] Figure 2 is a graph showing change in the etching rate when the flow rate of the oxygen is changed while the  $\text{SF}_6$  gas is flown at a rate of 100 ml per minute. The axis of ordinate indicates the same as that in Figure 1, and the axis of abscissas indicates the flow rate of the oxygen. According to the graph of Figure 2, the etching rate to the polysilicon oxide film is monotonically changed with regard to the flow rate of the oxygen, while the etching rate to the resist has a local minimum point, where the selectivity is at its maximum. More specifically, when the flow rate of the oxygen is set at approximately 34 ml per minute, the etching rate to the resist is at its minimum. This is also observed when applying the pressure.

[0023] Figure 3 is a graph showing change in the etching rate when the  $\text{SF}_6$  gas is flown at 100 ml per minute, the oxygen is flown at 34 ml per minute, and the pressure is changed. According to Figure 3, when the pressure is increased, the etching rate to the polysilicon oxygen film is monotonously decreased, while the etching rate to the resist has a local minimum point. The condition of the local minimum point, which can be obtained by increasing the pressure, is the most preferable.

[0024] The graphs in Figures 1 to 3 indicating the results of the experiments, show that, under the conditions where the  $\text{SF}_6$  gas is

introduced at 100 ml per minute, when the flow rate of the  $\text{CHF}_3$  gas is set at approximately 16 ml per minute and the flow rate of the oxygen gas is set at 34 ml per minute, the etching rate to the polysilicon is at its maximum and the etching rate to the resist is at its minimum. In short, it can be understood that the optimum mixing ratio of  $\text{SF}_6 : \text{O}_2 : \text{CHF}_3$  is 100 : 34 : 16 (approximately 6 : 2 : 1).

[0025] Next, there will be shown the results of the experiment in etching for gate electrode formation employing a conventionally-used etching gas and the gas of the invention according to the present application. Figure 4 shows a state before the etching. Herein, a polysilicon layer 12, where phosphorus is diffused, is formed on an oxide film 11 on a semiconductor substrate for forming a gate electrode, and a resist film 13 is adhered to a region where a gate electrode is to be formed.

[0026] Figure 5 shows the results of etching when a gas of carbon tetrachloride is used. As shown in Figure 5, a line width decrement  $\Delta W5$  of 1500 Å is seen, and the oxide film is decreased by 104 Å ( $\Delta D5$ ).

[0027] Figure 6 shows the case where a chlorofluorocarbon F115 gas is used. Since the polysilicon layer 12 is etched at a higher rate than the gate oxide film 13, the polysilicon layer 12 is scraped. More specifically, a line width decrement  $\Delta W6$  of 1820 Å is seen, and side etch S6 is generated.

[0028] Figure 7 shows the results of etching when a chloric bromine gas is used. A line width decrement  $\Delta W7$  of 1010 Å is seen, and the oxide film is decreased by approximately 26 Å ( $\Delta D7$ ).

[0029] Figure 8 shows the results of etching when a gaseous mixture of  $\text{SF}_6$  and oxygen are used. A line width decrement  $\Delta W8$  is large, 2275 Å, and an erosion width  $\Delta D8$  of the oxide film 11 is fairly large (35 Å).

[0030] Figure 9 shows the results of etching when a gaseous mixture of  $\text{SF}_6$ , oxygen, and  $\text{CHF}_3$ , which is the invention according to the present

application, is used. As is found from the drawing, a line width decrement  $\Delta W_9$  is 1038 Å, and an erosion width  $\Delta D_9$  of the oxide film 11 is as 29 Å, which is small.

[0031] As is found from Figures 5 to 9, use of a gaseous mixture of SF<sub>6</sub>, oxygen, and CHF<sub>3</sub> brings approximately the same results as those when a chloric bromine gas is used. The results of the etching are deteriorated in an order of a carbon tetrachloride gas, a gaseous mixture of SF<sub>6</sub> and oxygen, and a chlorofluorocarbon F115 gas. Hence, it is found that use of a gaseous mixture of SF<sub>6</sub>, oxygen, and CHF<sub>3</sub> enables to obtain excellent selectivity to the resist film and high size precision.

[0032] Although the etching to the polysilicon has been described above, the etching is possible when the following materials are used for the gate.

#### 1. Other gate materials

The same effects can be obtained when a gate material such as silicide, polycide, tungsten or compound films thereof is used.

#### 2. Silicon Nitride Anisotropic Etching

Etching with higher selectivity is enabled by adding CHF<sub>3</sub> to a nitride etching gas, NF<sub>3</sub>, CF<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub> or gaseous mixtures thereof. The structure of the foil film in this case is formed of silicon nitride, an oxide film, and a silicon substrate. If polysilicon is provided under the silicon nitride in the structure, anisotropic etching is enabled by changing the flow rate of the CHF<sub>3</sub>.

#### 3. Single Silicon

Herein, anisotropic etching is enabled by using the gaseous mixture according to the present invention in low pressure RIE.

4. By mixing another gas (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub> or the like) used for an oxide film etching, instead of CHF<sub>3</sub>, the same etching to the polysilicon is possible as when mixing CHF<sub>3</sub>. Further, the aforementioned gases can be mixed as the fourth gas with CHF<sub>3</sub>.